

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 574 609**

(21) N° d'enregistrement national :

**86 00711**

(51) Int Cl<sup>4</sup> : H 04 R 17/00.

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 20 janvier 1986.

(30) Priorité : JP, 5 septembre 1984, n° 186979/1984; 24 décembre 1984, n° 281381/1984; 20 février 1985, n° 033511/1985; 12 juillet 1985, n° 153616/1985 et 153617/1985.

(71) Demandeur(s) : SAWAFUJI DYNAMIC CO., LTD. (société de droit japonais) et KISHI Kanesuke. — JP.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 24 du 13 juin 1986.

(60) Références à d'autres documents nationaux appartenants :

Demande déposée le 20 janvier 1986 bénéficiant de la date de dépôt du 4 septembre 1985 de la demande initiale n° 85 13100 (art. 14 de la loi du 2 janvier 1968 modifiée).

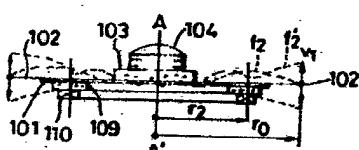
(72) Inventeur(s) : Kanesuke Kishi.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Malémont.

(54) Eléments piézoélectriques vibrants et transducteurs piézoélectriques électroacoustiques utilisant de tels éléments.

(57) Haut-parleur piézoélectrique, caractérisé en ce qu'il comporte un élément piézoélectrique vibrant de telle sorte qu'un poids principal 104 est fixé au voisinage de la partie centrale d'un radiateur acoustique piézoélectrique 101-102 par l'intermédiaire d'une couche viscoélastique 103 de telle sorte que ledit radiateur est maintenu autour de sa partie centrale de manière à délivrer une force vibromotrice au niveau de son extrémité extérieure, et qu'un poids auxiliaire 110 est situé à l'intérieur de l'extrémité extérieure dudit radiateur et est fixé en place par l'intermédiaire d'une couche viscoélastique 109. Application notamment à des haut-parleurs de petite taille, notamment pour des postes radios.



A1

FR 2 574 609

D

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

Eléments piézoélectriques vibrants et transducteurs piézoélectriques électroacoustiques utilisant de tels éléments

La présente invention concerne un élément piézoélectrique vibrant ou oscillant possédant une plaque (ou un diaphragme) piézoélectrique vibrante, utilisée pour un transducteur électroacoustique et un transducteur piézoélectrique électroacoustique, dans lequel un tel élément piézoélectrique vibrant est utilisé.

Les céramiques comprennent de nombreux matériaux nouveaux dignes d'attention. Entre autres on s'intéresse maintenant beaucoup à une plaque piézoélectrique vibrante (ou un diaphragme) formée en un matériau céramique fortement piézoélectrique ayant un effet piézoélectrique et qui présente une action excellente de conversion électromécanique ou mécanoélectrique. Dans de nombreux cas, la plaque piézoélectrique vibrante connue comporte une seule tôle mince, sur une face ou sur les deux faces de laquelle se trouvent déposés, en couches, une ou plusieurs feuilles piézoélectriques constituées par un élément circulaire mince d'un diamètre de 20 à 30 mm et d'un matériau céramique fortement piézoélectrique, constitué par du zirconium, du titanate de plomb, etc, et une surface formant électrode ménagée sur la surface de ladite plaque de manière à réaliser une polarisation. La figure 12, annexée à la présente demande, est une vue en coupe montrant le déplacement de base d'une plaque piézoélectrique vibrante 1 possédant la structure à trois feuilles et désignée comme étant bimorphe. Lorsqu'une tension de signal e est appliquée entre les surfaces formant électrodes des feuilles piézoélectriques 2a et 2b et une tôle 3, il apparaît des contraintes de dilation/de contraction dans les feuilles piézoélectriques 2a et 2b, dans des sens opposés, et ces contraintes sont à leur tour transformées en contraintes de cisaillement agissant entre ces feuilles et la tôle 3, ce qui fait apparaître une force vibro-motrice verticale F. Si le bord extérieur est supporté par un support 4, alors l'élément 1 est soumis à un mode de vibration de référence sembla-

ble à une lentille convexe et selon lequel la partie centrale vibre avec l'amplitude maximale. Le son sortant produit par une telle force vibromotrice  $F$  peut être utilisé pour les générateurs acoustiques de vibreurs piézoélectriques, d'appareils produisant des indicatifs musicaux ou mélodieux, de sonneries d'alarme, etc. Sinon, comme cela est illustré sur la figure 13 annexée à la présente demande, la plaque piézoélectrique vibrante 1 peut être logée dans un boîtier 10 et peut être réunie en son centre au sommet d'un radiateur acoustique 5, prévu pour son entraînement, de manière à constituer ainsi un haut-parleur de petites dimensions, etc.

10 Comme cela est bien connu dans la technique, une céramique piézoélectrique possède un module d'élasticité sensiblement comparable à celui du cristal de quartz ( $E = 83 \times 10^9 (\text{N/m}^2)$ ). La plaque piézoélectrique vibrante 1 obtenue par le dépôt en couches superposées de ces éléments minces sur la tôle 3 possède des propriétés physiques exprimées sous la forme d'une perte interne réduite et d'un facteur  $Q$  élevé (sensibilité à la résonance). Pour ces raisons, cette plaque possède un pic de résonance accusé et sa fréquence de résonance  $f_0$  est en général située dans la gamme des hautes fréquences entre environ 2 et 15 5 kHz. Cependant, étant donné que la céramique est fragile et qu'il est difficile de la réaliser sous une forme mince, il est dans la pratique difficile de réduire la fréquence de résonance  $f_0$ , et ceci n'est pas économique.

20 L'observation du phénomène de vibration de la plaque piézoélectrique vibrante 1 à proximité de la fréquence de résonance révèle que, comme cela est représenté sur la figure 14 annexée à la présente demande, elle présente une caractéristique d'amplitude constante ( $d_1$ ) dans la zone de rigidité en cours de déplacement, sur le côté des basses fréquences par rapport 25 au pic de résonance  $f_{01}$  et une caractéristique de vitesse constante ( $v_1$ ) dans la zone de déplacement à inertie sur le côté des hautes fréquences. On considère alors le déplacement d'un haut-parleur de petites dimensions, représenté sur la figure 13, sur la base 30 d'un schéma équivalent représenté sur la figure 15 annexée à la présente demande. Alors les impédances mécaniques  $z_1$  et  $z_0$  de la plaque piézoélec-

trique vibrante 1 et l'émetteur ou radiateur acoustique en forme de cône 5 forment ensemble un circuit série. En outre l'impédance  $z_1$  est nettement supérieure à  $z_0$ . C'est pour ces raisons que la vitesse  $v_0$  de déplacement dans le radiateur acoustique de forme conique 5 est entièrement réglée par  $z_1$  de sorte que le détachement de l'émetteur 5 est semblable à celui illustré sur la figure 14.

Conformément à la théorie acoustique, lorsque l'on désire qu'un émetteur ou radiateur acoustique rayonne une pression acoustique constante dans une certaine bande dans un espace libre, il est en principe nécessaire que le radiateur acoustique vibre à une vitesse constante. C'est pourquoi, en se référant aux caractéristiques de pression acoustiques de rayonnement du haut-parleur classique de petites dimensions de la figure 13, on obtient une pression acoustique relativement élevée sur le côté des hautes fréquences par rapport à la fréquence de résonance  $f_0$ , mais sur le côté des basses fréquences, la pression acoustique de sortie chute fortement en fonction de la fréquence. Comme cela a été mentionné précédemment, étant donné que la fréquence de résonance  $f_0$  de la plaque piézoélectrique vibrante est comprise entre environ 2 et 5 kHz, la tonalité du son reproduit devient mauvaise. Ceci est dû au fait que la zone à haute fréquence seule fait l'objet de contraintes et que la zone des basses fréquences est déficiente. En outre, étant donné que les feuilles piézoélectriques 2a et 2b possèdent un facteur de qualité Q élevé, la fréquence de résonance  $f_0$  est associée à un pic de résonance accusé, et il se produit des réponses irrégulières avec l'apparition fréquente de déformations correspondant à des harmoniques élevés, et le niveau de pression acoustique de sortie chute dans les gammes des moyennes fréquences et des basses fréquences. Le haut-parleur obtenu n'a aucune utilisation générale. Afin d'obvier à de tels inconvénients, il a été proposé jusqu'alors d'une part de réduire  $f_0$  moyennant l'utilisation d'une plaque piézoélectrique vibrante spéciale de grandes dimensions et d'autre part d'ap-

plier une résine visco-élastique sur la surface des feuilles piézoélectriques 2a et 2b ou au voisinage du support 4, de manière à réduire le facteur Q. Cependant ceci ne constitue qu'un moyen inefficace et on s'attend à ce qu'il soit peu efficace,

5 Ceci est dû au fait que  $z_1$  est trop élevée et que la fréquence de résonance  $f_{01}$  se trouve à proximité de la limite supérieure de la gamme audible (3 à 5 kHz). Pour l'essentiel il n'est absolument pas possible de commander librement cette fréquence à l'aide de moyens classiques.

10 Un premier but de la présente invention est de fournir un élément piézoélectrique vibrant agencé de manière à accroître une pression acoustique de sortie dans une zone à basse fréquence, moyennant l'utilisation d'une plaque piézoélectrique vibrante normale, qui possède des dimensions relativement

15 faibles et est d'une fabrication aisée, ce qui permet de donner une allure plate de la variation de la pression acoustique.

Un second but de la présente invention consiste à fournir un transducteur de type piézoélectrique moyennant l'utilisation d'un tel élément piézoélectrique vibrant, qui possède

20 un niveau de pression acoustique de sortie comparable à celui du transducteur à bobine mobile du type à aimant permanent, fournit des caractéristiques acoustiques satisfaisantes dans une zone de reproduction de la gamme acoustique audible, sans l'apparition de pics nuisibles, possède une forme plate et mince et un poids réduit.

Un troisième but de la présente invention est de fournir un haut-parleur piézoélectrique destiné à être utilisé dans une gamme étendue et qui inclut une pluralité d'éléments piézoélectriques vibrants et un radiateur acoustique de type conique sur la pointe duquel ces éléments sont raccordés par l'intermédiaire des connecteurs associés, de manière à réaliser une superposition réciproque des forces vibro-motrices, lesdites forces étant obtenues par division de la gamme de reproduction.

Afin d'atteindre l'objectif indiqué précédemment, la

35 présente invention fournit un élément piézoélectrique vibrant,

dans lequel un poids est raccordé à proximité du sens de gravité de la plaque piézoélectrique vibrante au moyen d'une couche visco-élastique, de telle sorte que la force vibro-motrice ou l'oscillation de déplacement de ladite plaque piézoélectrique vibrante est prélevée principalement sur le bord extérieur de ladite plaque.

Conformément à la présente invention, il est également prévu un haut-parleur piézo-électrique comportant une pluralité d'éléments piézoélectriques vibrants, qui sont raccordés les uns aux autres au niveau de leurs extrémités périphériques par l'intermédiaire de connecteurs, l'un desdits éléments étant raccordé sur son bord périphérique directement à un radiateur acoustique de manière à lui transmettre une force vibro-motrice principalement dans une zone à haute fréquence, tandis que les autres éléments, qui en sont voisins, produisent une force vibro-motrice apte à être répartie entre des zones à moyenne fréquence et à basse fréquence, en vue de leur excitation.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description donnée ci-après, prise en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma équivalent de l'élément piézoélectrique vibrant conforme à la présente invention ;
- la figure 2 est un schéma équivalent dans lequel l'impédance variable  $z_2$  de la figure 1 est représentée sous la forme d'éléments parallèles ayant une masse d'inertie  $m_2$  et des résistances visco-élastiques  $c_2$  et  $r_2$  ;
- la figure 3 est une vue représentant concrètement la structure de base de l'élément piézoélectrique conforme à la présente invention ;
- la figure 4 est un schéma caractéristique de l'élément piézoélectrique représenté sur la figure 3 ;
- les figures 5a à 5f sont des vues montrant plusieurs formes de réalisation des éléments piézoélectriques vibrants, dans chacun desquels un poids 7 est raccordé à une plaque piézoélectrique vibrante par l'intermédiaire d'une couche visco-

élastique ;

- les figures 6a et 6b sont des vues montrant les éléments piézoélectriques vibrants conformes à la présente invention, dans lesquels un tampon est inséré entre un poids ou une plaque piézoélectrique vibrante et un organe de fixation ;

- la figure 7 est une vue en plan de la plaque piézoélectrique vibrante, dont la partie périphérique est munie intérieurement d'une pluralité de fentes de subdivision ;

- les figures 8 à 10 sont des vues montrant des exemples de transducteurs électroacoustiques, dans lesquels l'élément piézoélectrique vibrant est utilisé ;

- les figures 11a et 11b sont respectivement une vue en coupe et une vue en plan d'exemples d'autres transducteurs électroacoustiques, dans lesquels l'élément piézoélectrique vibrant de la présente invention est utilisé ;

- la figure 12, dont il a déjà été fait mention, est une vue type montrant le déplacement de base de la plaque piézoélectrique vibrante ;

- la figure 13, dont il a déjà été fait mention, est une vue montrant la structure d'un haut-parleur de petites dimensions, dans lequel la plaque piézoélectrique vibrante de la figure 12 est utilisée ;

- la figure 14, dont il a déjà été fait mention, est une vue montrant les caractéristiques de la plaque piézoélectrique vibrante de la figure 12 ;

- la figure 15, dont il a déjà été fait mention, représente un schéma équivalent du haut-parleur de petites dimensions, de la figure 13 ;

- la figure 16 est une vue montrant les caractéristiques du haut-parleur de petites dimensions de la figure 13 ;

- la figure 17 est une vue en coupe montrant un haut-parleur piézoélectrique réalisé avec une pluralité d'éléments piézoélectriques vibrants ;

- les figures 18 et 19 sont des schémas caractéristiques illustrant les tensions de signal appliquées aux éléments

piézoélectriques vibrants situés dans le haut-parleur piézoélectrique de la figure 17, et la pression acoustique synthétisée des éléments ;

5 - la figure 20 est une vue montrant un exemple du circuit de raccordement servant à produire les tensions de signal devant être appliquée aux éléments piézoélectriques vibrants situés dans le haut-parleur piézoélectrique de la figure 17 ;

10 - la figure 21A est une vue en coupe de l'élément piézoélectrique vibrant utilisé pour supprimer la vibration d'ondes stationnaires de cet élément et qui montre une autre forme de réalisation de la présente invention ;

- la figure 21B est une vue en plan illustrant l'autre mode de vibration de l'élément de la figure 21A ;

15 - la figure 22 est une vue montrant la caractéristique de réponse en fréquence de l'élément de la figure 21A, par rapport aux caractéristiques d'éléments classiques ;

20 - la figure 23A est une vue en coupe de l'élément piézoélectrique vibrant utilisé pour supprimer la vibration d'ondes stationnaires et qui représente une autre forme de réalisation de la présente invention ;

- la figure 23B est une vue en plan de la face arrière de la forme de réalisation de la figure 23A ;

25 - la figure 24A est une vue en coupe du haut-parleur de forme cônique de type piézoélectrique réalisé avec l'élément piézoélectrique vibrant utilisé pour supprimer la vibration d'ondes stationnaires et qui présente une autre forme de réalisation de la présente invention ;

- la figure 24B est une vue en plan de la face arrière de l'élément de la figure 24A ;

30 - la figure 25A est une vue en coupe montrant l'élément piézoélectrique vibrant de l'art antérieur ;

- la figure 25B est une vue en plan illustrant le mode de vibration de la figure 25A ;

35 - la figure 26 est une vue montrant la caractéristique de réponse, qui est fournie par l'onde stationnaire de l'élé-

ment piézoélectrique vibrant de la figure 25A ;

- les figures 27 à 29 sont

des vues en perspective et une vue en coupe montrant les parties formant l'élément piézoélectrique vibrant conformément 5 à une autre forme de réalisation de la présente invention ;

- la figure 30 est une vue en coupe de l'élément piézoélectrique vibrant, qui représente une autre forme de réalisation de la présente invention ;

10 - les figures 31 et 32 sont des schémas équivalents de l'élément piézoélectrique vibrant de la figure 30 et d'une partie de ce dernier ;

- la figure 33 est une vue en coupe montrant le haut-parleur en forme de cône de type piézoélectrique réalisé en utilisant l'élément piézoélectrique vibrant de la figure 30 ;

15 - les figures 34 et 35 sont respectivement une vue en coupe illustrant le mode de vibration de l'élément piézoélectrique de la figure 30 et une vue montrant les caractéristiques de réponse en fréquence de cet élément ; et

20 - la figure 36 est une vue en coupe montrant l'élément piézoélectrique vibrant conforme à une autre forme de réalisation de la présente invention.

Ci-après on va décrire les formes de réalisation préférées de la présente invention.

La présente invention a été mise en oeuvre avec le mode 25 de vibration (attitude) d'une plaque piézoélectrique vibrante (ou d'un diaphragme). La vitesse de l'amplitude de déplacement de la plaque 1 sur son pourtour extérieur prennent les valeurs minimales dans le mode en forme de lentille convexe et prennent les valeurs maximales dans le mode en forme de lentille concave. On s'est assuré expérimentalement qu'un tel mode de vibration peut être aisément contrôlé à l'aide d'une impédance variable  $z_2$ , de manière à appliquer une charge au niveau du centre 30 de gravité.

La figure 1 est un schéma équivalent du système vibrant 35 oscillant, dans lequel  $z_2$  est introduite conformément à la pré-

sente invention. Le symbole  $z_2$  est inséré entre les points a et b définis entre  $z_1$  et  $z_0$ , constituant une charge pour ce système, et ce système est agencé de manière à maintenir une vitesse  $v_0$  aussi constante que possible, ladite vitesse étant appliquée à la charge  $z_0$  sous l'action d'une force vibro-motrice  $F_1$  induite proportionnellement à une tension de signal appliquée e, par suite de la variation séquentielle de la réactance correspondant à la fréquence vibratoire.

Comme cela est indiqué sur la figure 2,  $z_2$  est reproduite sous la forme d'éléments parallèles possédant une masse d'inertie  $m_2$  et des résistances visco-élastiques  $r_1$  et  $r_2$ , et son impédance peut être en général définie par  $z_1 \leq z_0 \leq z_2$ , bien que cette impédance soit variable en fonction des conditions requises comme par exemple la gamme de fonctionnement, la sensibilité de conversion, etc.

Cette forme de réalisation est représentée sur la figure 3. En se référant à un élément piézoélectrique vibrant conforme à la présente invention, ce dernier possède une structure très simple, selon laquelle un poids 8 ( $m_2$ ) possédant une masse d'inertie  $m_2$  est réunie au point du centre de gravité (ou se trouve à proximité de ce point) d'une plaque piézoélectrique vibrante, par l'intermédiaire de couches visco-élastiques 7 ( $c_2$ ,  $r_2$ ) qui sont placées sur un diaphragme qui est constitué en principe par un disque désigné comme étant de type bimorphe ou unimorphe et dans lequel les feuilles piézoélectriques 2a et 2b sont superposées en couches sur les deux faces d'une plaque métallique 3 ou sur une face de cette dernière.

On va maintenant considérer le déplacement du pourtour extérieur 9 provoqué par l'application d'une tension de signal e entre les surfaces des électrodes 2a, 2b et la plaque métallique 3. Dans une plage à basses fréquences (dont les fréquences ne sont pas supérieures à 500 Hz), la plaque piézoélectrique vibrante est maintenue fortement dans sa partie centrale et prend le type en forme de lentille concave, si bien que le pourtour extérieur 9 vibre avec l'amplitude maximale, étant

donné que  $z_2$  se comporte comme la réactance de masse ( $m_2$  sur la figure 2). Dans une gamme de fréquences moyennes (allant de 500 kHz à 3 kHz), les réactances respectives des résistances visco-élastiques  $c_2$ ,  $r_2$  et la masse d'inertie  $m_2$  se rapprochent 5 d'une même valeur, avec un léger accroissement de  $z_2$  et une suppression graduelle de la contrainte de retenue, de sorte que la ligne tangentielle de vibration se déplace vers le pourtour extérieur, ce qui fournit une amplitude de valeur moyenne. Dans une plage de hautes fréquences (non inférieures à 3 kHz),  $z_2$  se 10 comporte principalement comme la résistance élastique  $c_2$  et la résistance visqueuse  $r_2$ , ce qui entraîne une réduction considérable de la contrainte de retenue et permet le passage du mode de vibration au mode en forme de lentille convexe.

A la fréquence de résonance  $f_{01}$ , la résistance visqueuse  $r_2$  produit alors un effet de freinage empêchant efficacement la formation de tout pic de résonance. La figure 4 illustre les modes de vibration et les variations de  $z_2$  au niveau de trois points singuliers  $f_{00}$ ,  $f'_{01}$  et  $f_{01}$ , parmi lesquels  $f_{00}$  est la fréquence de résonance d'un radiateur acoustique,  $f'_{01}$  15 est la fréquence de résonance résultant de l'addition de  $m_2$  constituant  $z_2$  à  $m_1$  de la plaque piézoélectrique 1 (d'environ 1 kHz), et  $f_{01}$  est la fréquence de résonance du mode en forme de lentille convexe de la plaque piézoélectrique 1. La courbe  $z_0$  sur la figure 4 est une courbe d'impédance au niveau du 20 point d'entraînement du radiateur acoustique, et chute fortement à partir d'une fréquence moyenne jusqu'à  $f_{00}$ . Il en résulte que l'entraînement du radiateur est facilité, ce qui facilite l'obtention de la vitesse de vibration  $V_0$  et augmente la partie constituante la gamme à basse fréquence. Le déplacement précédent permet de commander le mode vibratoire de l'élément piézoélectrique vibrant 10 à l'aide de l'impédance variable  $z_2$  raccordée au voisinage du point correspondant au centre de gravité de l'élément et d'atténuer de façon substantielle la vitesse vibratoire  $V_0$  et la pression acoustique de rayonnement 25 30 35  $p_0$  du radiateur acoustique, qui doivent être présentes sur le

pourtour extérieur 9, comme représenté sur la figure 4.

Une autre caractéristique importante de l'élément piézoélectrique vibrant du disque conforme à la présente invention réside dans le fait que, contrairement au procédé classique dans lequel une perte de résistance importante est introduite dans un circuit vibratoire de manière à atténuer les pics de résonance et de manière à obtenir des caractéristiques plates, le mode vibratoire est commandé sous l'action d'une réactance mécanique possédant une impédance variable et qui varie en fonction de la fréquence, de manière à fournir une vitesse vibratoire approximativement constante. Par conséquent, en raison de l'existence de pertes très réduites du circuit, le rendement du transducteur est accru à un degré extrême.

Sur la figure 3, le poids 8 peut être constitué par une bille de plomb aplatie possédant un poids de 1 à 5 grammes, qui peut être subdivisée en deux parties destinées à être placées sur les deux faces de la plaque piézoélectrique vibrante 1, comme cela est indiqué par des lignes formées de tirets. Les couches visco-élastiques 7 ( $c_2$ ,  $r_2$ ) peuvent être également constituées par des mélanges de différents caoutchoucs synthétiques possédant des propriétés visco-élastiques invariables, suffisantes pour soutenir de façon stable le poids 8 pendant le déplacement, comme par exemple du caoutchouc butyle, du caoutchouc uréthane et du caoutchouc au silicium, avec des additifs permettant de régler la visco-élasticité, ou bien des feuilles en matériau mousse constituées par de tels composants. En réalité étant donné qu'il est difficile de mesurer la valeur de la visco-élasticité dynamique de ces matériaux, leur caractère approprié doit être évalué expérimentalement. De toutes manières il est souhaitable de choisir un matériau possédant une dépendance réduite vis-à-vis de la température.

La figure 5(a) ou 5(b) représente la vue en coupe d'une autre forme de réalisation, dans laquelle le poids 8 est réuni par l'intermédiaire de la couche visco-élastique 7 à la plaque piézoélectrique vibrante 1 de l'élément piézoélectrique vibrant

10 conforme à la présente invention. Comme cela est illustré sur la figure 5(a), le poids 8 peut être réalisé sous la forme d'un fusesau tronqué, lorsque l'on tient compte de la stabilité au déplacement et de l'adhérence de cette forme, et peut être 5 monté sur une plaque métallique de type unimorphe. Comme cela est illustré sur la figure 5(e), le poids 8 peut posséder une forme tronconique, ce qui accroît la surface de contact effective de la couche visco-élastique 7 et abaisse son centre de gravité et par conséquent accroît sa stabilité. Sinon la figure 10 5(c) montre une autre forme de réalisation dans laquelle le poids 8 est réalisé sous la forme d'un anneau et est fixé en position au moyen d'une couche visco-élastique 7 de forme semblable, ladite forme de réalisation étant conçue de manière à être appliquée à un poids relativement important. En se référant 15 à la figure 5(e), on voit que le poids 8 est subdivisé en une partie principale 8a et en une partie secondaire annulaire 8b, qui sont maintenues en position concentriquement à l'aide de couches visco-élastiques 7a et 7b, de manière à empêcher l'apparition d'ondes stationnaires à l'extérieur de la partie 20 principale 8a. En se référant à la figure 5(f), on voit que le poids 8 et des couches visco-élastiques 7 sont disposés en couches alternées les uns sur les autres selon un mode subdivisé, de manière disperser l'effet de masse, ce qui permet le mode oscillatoire et, à obtenir une caractéristique de planéité dans 25 la gamme de déplacements. En se référant finalement à la figure 5(f), on voit qu'un tube mince 3(a) est disposé verticalement sur la plaque métallique 3 et que sur ce tube se trouve monté un poids tubulaire 8c, alors qu'une couche visco-élastique tubulaire 7c est insérée entre ce poids tubulaire et le tube 30 afin de mettre à profit la contrainte de glissement, de manière à faire face à une amplitude conséquente.

Si cela est nécessaire, on peut insérer des tampons amortisseurs 16, 28 tels que ceux constitués par des mousses de caoutchouc uréthane à simple expansion, entre le poids 8 ou le 35 diaphragme piézoélectrique 1 et un organe de fixation 18 tel

qu'un cadre de haut-parleur, comme cela est représenté sur les figures 6(a) et 6(b), afin de supprimer les vibrations parasites.

D'une manière générale la plaque piézoélectrique 1 peut être réalisée sous la forme d'un anneau. Mais, conformément à la présente invention, la plaque piézoélectrique vibre selon le mode de base en forme de lentille concave, si bien qu'une contrainte de dilatation/contraction apparaît principalement sur les bords extérieurs, ce qui empêche la déformation de ce diaphragme. Ceci est la cause d'un accroissement de  $f_{01}$  et par conséquent de  $z_1$ . A cet effet ce disque est réalisé par découpage avec l'aménagement d'un nombre approprié (6 à 8) de fentes radiales 24 dans son pourtour, tandis que la partie centrale 29, dans laquelle un matériau visqueux est avantageusement introduit, est conservée intacte. Ceci est efficace par le fait que, lors de la construction d'un appareillage de petites dimensions, tels que des microphones, des petits récepteurs, etc, grâce à l'application de la présente invention,  $z_1$  peut être réduite à un degré extrême, ce qui entraîne des réductions des constantes vibratoires du poids  $8(m_2)$  et des couches visco-élastiques ( $c_2, r_2$ ), ce qui conduit à des améliorations dans la sensibilité de conversion et à une extension de la gamme de fonctionnement. Dans ce cas les surfaces formant électrodes des fentes 2 sont raccordées à la partie centrale 23 de sorte que la réception d'une tension de signal est aussi simple que dans le cas d'un disque normal.

Ci-après, on va se référer maintenant à une forme de réalisation du transducteur électroacoustique, dans lequel l'élément piézoélectrique vibrant 10 conforme à la présente invention est utilisé. Sur la figure 8 on a représenté la forme de réalisation la plus typique d'un tel transducteur. Un radiateur acoustique 11 ( $m_2$ ) possédant la forme d'un dôme est supporté de façon à pouvoir osciller sur un boîtier extérieur 14, par l'intermédiaire d'un bord annulaire ondulé ( $c_0, r_0$ ), le bord extérieur de l'élément 10 étant réuni au niveau de la zone

- de jonction 13 entre cet élément 10 et ce bord 12. Une tension de signal  $e$  est alors appliquée à une borne en vue de réaliser la commande. Préalablement, en tenant compte de la masse effective  $m_2$  de l'élément piézoélectrique vibrant 10, on détermine 5 une compliance du bord ( $c_0$ ), et la fréquence de résonance  $f_{00}$  du radiateur acoustique 11 en forme de dôme est fixée à environ 200 à 300 Hz. Dans le cas d'une ouverture supérieure à une ouverture moyenne (50 à 100 mm), on peut insérer un tampon élastique conformé 16 entre le poids 8 et la base du carter extérieur 14, à des fins secondaires. Ceci correspond à  $c_3$ ,  $r_8$  sur la figure 8(a) et supprime une amplitude excessive du poids 8  $m_2$  dans une gamme de basses fréquences, afin d'éliminer les vibrations parasites, ce qui apporte une contribution à la stabilisation.
- 15 Cette forme de réalisation est préférable en tant que haut-parleur étanche à la pluie et pour l'équipement extérieur d'interphones, d'alarmes à synthèse sonore, et analogues.
- La figure 9 représente une forme de réalisation simplifiée, dans laquelle la plaque piézoélectrique vibrante est utilisée directement en tant que radiateur sans avoir recours à un quelconque radiateur spécifique existant, ladite forme de réalisation étant principalement conçue pour être utilisée dans des ensembles combinés d'émetteurs/récepteurs téléphoniques. Etant donné que la gamme de transmissions pour les circuits téléphoniques est de l'ordre de 300 Hz à 3,5 kHz, cette gamme peut être formée de la manière suivante. Par exemple on fixe 20 un bord annulaire ondulé 17 au bord extérieur 9 de la plaque métallique 3 de la plaque piézoélectrique vibrante de manière à obtenir une compliance pour  $c_0$  et une fréquence de résonance faible  $f_{00}$  égale à environ 300 Hz. D'autre part la première fréquence de résonance  $f_{01}$  du mode en forme de lentille convexe de la plaque piézoélectrique vibrante 1 est déterminée comme étant égale à environ 3 kHz, avec un réglage précis réalisé à l'aide d'un circuit acoustique monté au verso. Un filtre passe-bas avec une fréquence d'environ 3,5 kHz est formé par la capa-

cité d'une chambre avant 20 et l'inertance d'une ouverture 19 ménagée dans un capuchon 18, de manière à supprimer les sondes harmoniques élevées inutiles. Un tampon en forme d'éponge 16 ( $r_3$ ) est introduit entre le poids 8 et la face inférieure du 5 boîtier extérieur 14 et sert à régler la commande du type vitesse et à empêcher toute altération aux basses fréquences, qui sinon, pourrait se produire lorsque le contact d'écouteur avec l'oreille n'est pas satisfaisant, ce qui améliore la netteté. La forme de réalisation de la figure 9 peut être utilisée essentiellement directement pour des microphones de téléphones. Dans ce cas, on peut monter dans la chambre arrière 22 un amplificateur à circuits intégrés et un élément absorbant les surtensions, afin d'accroître le niveau des appels. On comprendra que ces éléments peuvent être montés extérieurement. Cette forme de réalisation est d'une fiabilité et d'une commodité d'utilisation plus grandes et est moins bruyante, par rapport aux récepteurs classiques au carbone.

La forme de réalisation de la figure 10 est en général celle d'un haut-parleur du type conique, dans lequel un radiateur acoustique de type conique 25 est formé par moulage d'une feuille obtenue lors de la fabrication du papier ou bien formé par une feuille plastique et réunis de façon à pouvoir osciller à un cadre 27 par l'intermédiaire d'un bord annulaire ondulé 26. L'élément piézoélectrique vibrant est réuni, sur le 20 bord extérieur 9, à la jonction 28 entre la partie supérieure du radiateur 25 et un dôme 29 et une tension de signal e est appliquée à sa borne de manière à commander le radiateur 25. Ce haut-parleur est utilisable de préférence dans des postes radio de poche de petites dimensions, des magnétophones du 25 type à cassettes, etc, dans le cas où une tension leur est appliquée par un petit transformateur auto-élévateur de faibles dimensions, étant donné qu'il peut être réalisé avec un poids léger et une forme mince d'un ordre de grandeur ne dépassant pas 10 mm. Le haut-parleur peut être également remplacé par des 30 haut-parleurs du type à aimants permanents, dans le cas où il

souhaitable d'éviter toute fuite du flux magnétique.

Dans la forme de réalisation de la figure 11, un radiateur acoustique 30 est constitué par une plaque plane en forme de mousse semi-rigide constituée par de la mousse de styrène, 5 etc. Le radiateur acoustique 30 peut posséder la forme rectangulaire (possédant un rapport longueur/largeur d'environ 4 à 3), l'extrémité marginale étant bloquée sur un cadre 32 par l'intermédiaire d'un organe mou en forme de mousse 31. Le centre Q de l'élément piézoélectrique vibrant 10 est fixé en position en un emplacement donné sélectionné, pour lequel les 10 distances R jusqu'au niveau des bords d'extrémité du radiateur 30 diffèrent de préférence suivant la direction angulaire, de telle sorte que des ondes stationnaires apparaissant fréquemment sur une fréquence spécifiques sont dispersées. On comprèn- 15 dra que l'élément piézoélectrique vibrant 10 est monté dans une ouverture du radiateur acoustique 30 et y est fixée sur son pourtour. La sensibilité et la qualité acoustique de ce haut-parleur simple sont inférieures à celles du haut-parleur de type conique tel que représenté sur la figure 10. Cependant il 20 convient mieux pour être utilisé dans un générateur acoustique simple devant être monté dans des instruments de musique électroniques ou dans des jouets.

Comme cela a été mentionné précédemment, l'élément piézoélectrique vibrant selon les formes de réalisation de la pré- 25 sente invention possède un poids qui est réuni au voisinage du centre de gravité d'une plaque piézoélectrique par l'intermédiaire d'une couche visco-élastique. Dans une gamme de sons graves, ce poids agit en tant que masse d'inertie, si bien que le diaphragme piézoélectrique est soumis à une forte contrainte 30 au niveau de sa partie centrale, et prend par conséquent la forme en forme de lentille concave, les bords les plus extérieurs vibrant à une amplitude maximale, ce qui produit une pression acoustique supérieure dans cette gamme. Dans une gamme de hautes fréquences la présence de la couche visco-élastique contribue 35 à réduire la valeur de la contrainte appliquée à la partie

centrale de la plaque piézoélectrique, de sorte que la fréquence du signal augmente et que cette plaque est entraînée avec la vitesse constante désirée. En outre la vibration est limitée au niveau de la fréquence de résonance de la plaque piézoélectrique, par la résistance visqueuse de la couche visco-électrique, qui a pour effet que l'on obtient une pression acoustique de sortie plate, dans une gamme allant des basses fréquences aux fréquences élevées. A cela s'ajoute le fait que les pertes du circuit sont réduites ou limitées, de sorte que l'on obtient une conversion électricité-son efficace.

On va maintenant expliquer d'autres formes de réalisation de l'invention en référence aux figures 17 à 20.

La figure 17 est une vue en coupe montrant un haut-parleur piézoélectrique constitué par une pluralité d'éléments piézoélectriques vibrants conformes à la présente invention. Comme cela est illustré sur chacune des figures 17 à 20, les éléments piézoélectriques vibrants 51, 55 et 59 comportent chacun des poids 53, 57 et 61 qui sont réunis au voisinage du centre de gravité par l'intermédiaire de couches visco-élastiques 52, 56 et 60, de manière à former des éléments piézoélectriques vibrants composites du type à serrage central. L'élément médian 51 est réuni sur l'extrémité périphérique 63 directement à la partie supérieure 3 d'un radiateur acoustique du type en forme de cône 67 constitué par exemple par du papier. Le bord le plus extérieur du radiateur 67 est réuni avec possibilité de pivotement en 62 à un bord élastique ondulé 62 et est soutenu dans sa totalité.

Les éléments piézoélectriques vibrants extérieurs 55 et 59 ont leurs extrémités périphériques respectives réunies d'un seul tenant au pourtour extérieur de l'élément médian 51 par l'intermédiaire des connecteurs associés 54 et 58. Le poids le plus en arrière 57 est monté lâche au centre dudit élément grâce à un connecteur visco-élastique 64, tandis que le poids 61 est réuni de façon lâche à 53 par l'intermédiaire d'un connecteur 65. Les éléments en forme de diaphragmes piézoélectri-

ques respectifs, qui sont utilisés, peuvent être soit du type unimorphe, soit du type bimorphe. Cependant on notera que la forme de réalisation représentée est du type unimorphe, les forces électromotrices étant en phase. Les connecteurs 54 et 5 58 sont constitués en un matériau qui est élastique, possède une résistance visqueuse et une masse réduite et possèdent des pertes de transmission réduites dans différentes gammes. Sinon ces connecteurs peuvent être constitués par exemple par un caoutchouc synthétique tel que du caoutchouc au chloroprène, 10 du caoutchouc butyle, etc, et peuvent posséder une forme rectangulaire ou une forme cylindrique. Un réseau circulaire d'environ 6 à 8 de ces cylindres disposés et collés sur le bord périphérique de chaque élément piézoélectrique vibrant 55 ou 59, à des intervalles réguliers. Le coefficient requis de transmission est déterminé en tenant compte de la dureté du caoutchouc 15 ainsi que de la surface en coupe transversale, de la longueur et du nombre des petits cylindres.

On suppose maintenant que des tensions de signal  $e_1$ ,  $e_2$   $e_3$  devant être appliquées aux éléments en forme de diaphragmes 20 piézoélectriques 51, 55 et 59 sont réparties, comme cela est représenté d'une manière générale sur la figure 18, ce qui correspond à des gammes subdivisées de fréquences, et le niveau de tension devant être appliqué est prédéterminé de manière qu'il satisfasse à la relation  $e_1 < e_2 < e_3$ , en tenant compte 25 des pertes de transmission intermédiaire. Comme cela est représenté d'une manière générale sur la figure 19, les éléments piézoélectriques vibrants 51, 55 et 59 se partagent des gammes de fréquences élevées, de fréquences moyennes et de basses fréquences, définies entre  $f_1-f_2$ ,  $f_2-f_3$  et  $f_c$  respectivement, ce 30 qui a pour effet que l'on obtient des propriétés de pression acoustiques engénérées plates en tant que pression acoustique de rayonnement  $p_0$ , et l'on obtient des améliorations de la sensibilité de conversion. On notera que, dans le haut-parleur piézoélectrique de type composite conforme à la présente invention, 35 les oscillations parasites apparaissant dans la plage des fré-

quences moyennes sont absorbées par les différents composants résistifs possédant les impédances combinées  $K_1$  et  $K_2$  des connecteurs 64 et 65, à un degré tel que ces oscillations sont réduites de façon substantielle.

5 Dans ce qui suit, on va maintenant se référer au processus servant à produire les tensions de signal  $e_1$ ,  $e_2$  et  $e_3$  devant être appliquées aux éléments piézoélectriques vibrants 51, 65 et 69 représentés sur la figure 22. Etant donné que chaque élément piézoélectrique possède habituellement une capacité d'environ 0,1 F et une réactance d'environ 15 k pour 1 kHz, l'impédance de  $z_0$  de la bobine primaire peut être adaptée de manière à posséder la valeur de 8Ω habituelle grâce à l'utilisation d'un transformateur auto-élévateur  $T_1$  possédant un rapport d'enroulements égal à environ 1:10, comme cela est représenté sur la figure 20, ce qui a pour effet que les tensions de signal  $e_1$ ,  $e_2$  et  $e_3$  sont obtenues en tant que tensions secondaires par rapport à la tension primaire  $e_0$  du transformateur auto-élévateur  $T_1$ .

On va maintenant expliquer une autre forme de réalisation de la présente invention en référence aux figures 21 à 26.

La figure 21A est une vue en coupe montrant l'élément piézoélectrique vibrant utilisé pour supprimer la vibration en ondes stationnaires, et la figure 21B est une vue illustrant le mode de vibration de cet élément.

25 Comme cela est représenté sur la figure 21A, le radiateur acoustique piézoélectrique est du type unimorphe, dans lequel une plaque piézoélectrique 101 est appliquée sur une feuille métallique mince 102. Le radiateur acoustique piézoélectrique comporte un poids principal 104 fixé sur son axe central 30 A-A' par l'intermédiaire d'une couche visco-élastique 103. Indépendamment du poids principal 104, un poids auxiliaire 108 est fixé par l'intermédiaire d'une couche visco-élastique 107 sur l'axe excentré C-C' distant de l'axe A-A" d'une distance  $r_1$ . Dans ce cas le poids auxiliaire 108 peut être fixé à la 35 plaque piézoélectrique dans le même plan que le poids principal

104. Sinon il peut être fixé à la plaque piézoélectrique dans le plan situé à l'opposé du poids principal 104, comme cela est représenté sur la figure 21A. Si le poids auxiliaire 108 est fixé par l'intermédiaire de la couche visco-élastique 107 à la 5 partie correspondant à la partie crête-à-crête de la vibration en ondes stationnaires, l'excès de la vibration en ondes stationnaires est absorbé par la résistance visco-élastique de la couche visco-élastique 107. La figure 22 représente des courbes de réponse en fréquence en rapport avec une vitesse  $v_1$ . Comme cela est visible avec la courbe en trait plein a, une vibration inutile en ondes stationnaires est atténuee de façon plus efficace que dans le cas de l'art antérieur représenté par une courbe formée de tirets b. De façon appropriée, la distance  $r_1$  entre l'axe central A-A' et l'axe excentré C-C' du radiateur 10 15 acoustique piézoélectrique est égale à environ 70-80 % du rayon  $r_0$  de ce dernier, et la valeur du poids auxiliaire 108 est égale à environ la moitié de celle du poids principal 104, c'est-à-dire habituellement à environ 1,2 gramme.

La figure 23A est une vue en coupe montrant l'élément 20 piézoélectrique vibrant utilisé pour supprimer la vibration en ondes stationnaires des éléments piézoélectriques vibrants conformément à une autre forme de réalisation de la présente invention, et la figure 23B est une vue en plan montrant la face arrière de cet élément.

25 Comme cela est représenté sur la figure 23A, sur la face extérieure du radiateur piézoélectrique acoustique, un poids principal 104 est fixé sur l'axe A-A' au moyen d'une couche visco-élastique 103. Sur la face arrière, un poids de type annulaire 110 est fixé par l'intermédiaire d'une couche visco-élastique 109 possédant une forme essentiellement similaire, ledit poids possédant un rayon  $r_2$ . Dans ce cas le poids de type annulaire 110 peut être fixé à la plaque piézoélectrique vibrante dans le même plan que le poids principal 104. Sinon il peut être fixé à la plaque piézoélectrique vibrante dans le plan opposé au poids principal 104, comme représenté sur la figure 23A.

## 21

Lorsque le rayon  $r_2$  du poids en forme d'anneau 110 est choisi de telle sorte qu'il soit situé dans la partie correspondant à la partie crête-à-crête de l'onde stationnaire  $f_2$  possédant la demi-longueur d'onde ( $\lambda/2$ ) représentée par une ligne formée de tirets sur la figure 23A, la vibration de référence  $f_2$  est transformée en  $f'_2$  par suite de l'effet d'absorption de la couche visco-élastique 109, si bien que la vitesse  $v_1$  de la vibration de sortie sur l'extrémité extérieure 105 est accrue. Il en résulte que le niveau du creux profond de  $f_2$  de la courbe a représentée sur la figure 22 s'abaisse. De façon similaire un pic de  $f_1$  est abaissé. Lors du fonctionnement de longue durée, la courbe a est aplatie et comme cela est représenté par la courbe b sur la figure 22.

La figure 24A est une vue en coupe du haut-parleur à cône de type piézoélectrique réalisé en utilisant l'élément piézoélectrique vibrant employé pour supprimer la vibration d'ondes stationnaires et qui représente une autre forme de réalisation de la présente invention, et la figure 24B est une vue en plan de la face arrière de cet élément.

En se référant à la figure 24A, on voit que la partie d'extrémité extérieure 105 de l'élément piézoélectrique vibrant de la présente invention, auquel le poids auxiliaire 108 représenté sur la figure 21A est ajouté, est réuni au rebord du sommet d'un radiateur acoustique du type en forme de cône 11, et une partie formant ouverture du radiateur 111 est soutenue et fixée à une partie fixe 113 par l'intermédiaire d'un bord élastique 112, ce qui réalise un haut-parleur de forme conique de type piézoélectrique. En principe le poids principal 104 peut être situé sur l'axe central A-A'. Mais dans certains cas il est préférable que le poids 104 soit disposé sur l'axe B-B', qui est légèrement excentré par rapport à l'axe central A-A', d'une valeur S, afin de réduire la vibration d'ondes stationnaires, qui est produite régulièrement. Lorsque S est en excès, c'est une vibration non uniforme qui est au contraire induite. Par conséquent il est préférable que S soit limitée au maximum

à environ 2-3 mm. D'autre part si le poids auxiliaire 108 est disposé sur un axe C-C' qui est proche de l'extrémité extérieure 105 en étant à une distance  $r_1$  de l'axe A-A', la vibration d'ondes stationnaires est réduite d'une manière plus efficace par suite de l'effet synergique des poids principal et auxiliaire 104 et 108 qui sont légèrement excentrés l'un par rapport à l'autre.

Avec le haut-parleur en forme de cône du type piézoélectrique ainsi réalisé, lorsqu'une tension de signal  $e$  est appliquée entre la plaque piézoélectrique 101 et la feuille métallique mince 102, à partir de l'extérieur, il apparaît sur l'extrémité extérieure 105 de la plaque piézoélectrique vibrante, une force vibromotrice  $F_1$  servant à entraîner le radiateur 111 à une vitesse  $v_1$ , de sorte qu'une pression acoustique de rayonnement  $P_0$  est produite dans la direction avant. Par conséquent il est possible de réaliser un haut-parleur en forme de cône piézoélectrique possédant des caractéristiques améliorées de sensibilité de conversion et de réponse en fréquence.

Comme cela a été mentionné précédemment, la présente invention fournit un procédé visant à supprimer la vibration d'ondes stationnaires de l'élément piézoélectrique vibrant, par le fait qu'un poids principal est fixé autour de la partie centrale d'un radiateur acoustique piézoélectrique par l'intermédiaire d'une couche visco-élastique et qu'un poids auxiliaire est situé à l'intérieur de l'extrémité extérieure d'une plaque piézoélectrique vibrante, ce qui produit un système de vibrations dissymétrique. Par conséquent la vibration en ondes stationnaires apparaissant dans la plaque piézoélectrique vibrante peut être réduite d'une manière plus efficace.

On va maintenant expliquer d'autres formes de réalisation de la présente invention en référence aux figures 27 à 36.

Les figures 27 à 29 inclusivement sont respectivement des vues en perspective et une vue en coupe montrant des parties constituant une autre forme de réalisation des éléments piézoélectriques vibrants conformes à la présente invention.

La figure 27 représente un exemple d'un type unimorphe de radiateurs acoustiques piézoélectriques 116, qui comporte une feuille métallique mince 117, sur une face de laquelle est appliquée une plaque piézoélectrique 119 munie d'une électrode.

- 5 Le radiateur acoustique 116 comporte une petite ouverture 118 au voisinage de la partie centrale. En outre la partie intérieure 120b du radiateur acoustique 116, voisine de la petite ouverture 118, comporte également une partie isolante allongée ne comportant aucune surface formant électrode, de manière à empêcher toute décharge le long de la surface sous l'effet d'une tension de signal appliquée.
- 10 La figure 28 représente un siège-entretoise 121 agissant en tant qu'organe visco-élastique et qui est constitué en un matériau visco-élastique tel que du caoutchouc mousse, par exemple du caoutchouc uréthane, possédant une épaisseur d'environ 0,8 à 1 mm, et comporte sur ses deux faces, des couches formant peau 123 (formées selon le procédé de moussage).
- 15 La figure 29 représente un poids 124 du type en forme d'altère qui est formé par la réunion réciproque de poids semicirculaires 125a et 125b de même valeur, par l'intermédiaire d'une tige de liaison 126. Par exemple ce poids pourrait être constitué par une bille de plomb possédant un poids total d'environ 2 grammes.

En se référant à la figure 30, on y voit représentée une vue en coupe de l'élément piézoélectrique vibrant, qui est une forme de réalisation de la présente invention. Cet élément est constitué par les parties telles que représentées sur les figures 27 à 29. En se référant à l'ordre de montage, deux sièges-entretoises 121 sont disposés sur la petite ouverture 118 prévue au voisinage de la partie centrale du radiateur acoustique piézoélectrique 107 et sur les deux faces de ce dernier. Ensuite on insère la tige de liaison 126, à laquelle l'un des poids 125a est fixé, à travers les petites ouvertures 122 ménagées dans les sièges-entretoises 121, et on l'introduit dans l'autre poids 125b de manière à raccorder étroitement les deux poids 125a et 125b au moyen de cette tige 126. On notera qu'un

agent de liaison en forme de caoutchouc au silicone RTV liquide est appliqué sur chacune des surfaces de jonction afin d'empêcher tout bruit de cliquetis, et la tige de liaison 126 ne peut pas venir en contact avec la petite ouverture 118.

5 Ci-après on va expliquer le fonctionnement de l'élément piézoélectrique vibrant de la figure 30.

Lorsqu'une tension de signal  $e$  est appliquée entre la feuille métallique mince 117 et la plaque piézoélectrique 119, à partir de l'extérieur, il apparaît une force de dilatation/contraction correspondant à la tension  $e$  appliquée, dans la plaque piézoélectrique 119, par suite de l'effet piézoélectrique, de sorte que cette force est transformée par rapport à la feuille 117 en raison de la contrainte de cisaillement résultante. Mais, conformément à la présente invention, en raison 10 de l'impédance mécanique résultant de la présence du poids 124 et des sièges-entretoises 121 constitués en un matériau visco-élastique et ajoutés autour de la partie centrale du radiateur acoustique piézo-électrique 116 et retenus au voisinage de la partie centrale de ce dernier, le radiateur acoustique piézo-électrique est soumis à la vibration de référence conformément 15 au mode de vibration en forme de lentille concave, comme cela est indiqué par une ligne formée de tirets sur la figure. Une force vibro-motrice  $F_1$  est alors prélevée de l'extrémité extérieure 127 du radiateur 116 qui vibre avec l'amplitude maximale de manière à entraîner le système vibratoire à la vitesse  $v_1$ .

On va expliquer de façon plus claire le fonctionnement d'un tel système d'entraînement en se référant aux figures 31 et 32 montrant des schémas équivalents.

C'est-à-dire qu'une impédance  $Z_1 (m_1, c_1, r_1)$ , qui représente 20 le radiateur acoustique piézoélectrique 116, forme un circuit série direct avec une impédance de contraintes  $Z_2 (m_2, c_2, r_2)$  incluant le poids 124 ( $m_2$ ) et les sièges-entretoises ( $c_2, r_2$ ), à une vitesse  $v_1$  en association avec la force vibro-motrice  $F_2$  de  $Z_1$  est commandée par  $Z_2$ . Etant donné que les élé- 25

ments internes comprennent des éléments parallèles-série comprenant une masse  $m_2$ , une compliance  $c_2$  et une résistance visqueuse  $r_2$ , comme représenté sur la figure 32, la réactance de la masse intervient en tant que partie principale dans la 5 contrainte à laquelle est soumise le radiateur acoustique piézoélectrique 116 au voisinage de sa partie centrale, dans une gamme de basses fréquences, si bien que l'extrémité extérieure 127 du radiateur vibre avec une amplitude supérieure. Mais, dans les gammes à fréquences moyennes ou à hautes fréquences, 10 le degré de ladite contrainte est réduit principalement par la compliance  $c_2$ , avec pour effet que l'extrémité extérieure 127 vibre avec une amplitude plus faible. Par conséquent la vitesse  $v_1$  est commandée en réponse à la fréquence de fonctionnement, ce qui rend possible d'entraîner la charge  $Z_0$  raccordée aux bornes x-y de  $Z_2$ , à une vitesse de  $v_0$  approximativement constante. 15

La figure 33 est une vue en coupe du haut-parleur en forme de cône du type piézoélectrique constitué en utilisant les éléments piézoélectriques vibrants tels que mentionnés précédemment. Dans le haut-parleur en forme de cône de type piézoélectrique représenté, l'extrémité extérieure 127 du radiateur acoustique piézoélectrique 116 est réunie au rebord du sommet d'un radiateur acoustique en forme de cône 128 ( $m_0$ ) possédant des dimensions appropriées et dont le bord extérieur est réuni à un organe fixe 130 par l'intermédiaire d'un bord élastique 129 ( $c_0, r_0$ ). Si le radiateur acoustique du type en forme de cône est alors entraîné à une vitesse constante  $v_0$ , une puissance acoustique constante  $P_0$  est en principe irradiée vers l'avant. Dans le schéma équivalent de la figure 31, on voit que l'impédance  $Z_0$  ( $m_0, c_0, r_0$ ) du radiateur acoustique du type en forme de cône 128 est raccordée aux bornes x et y de l'impédance de contrainte  $Z_2$  ( $m_2, c_2, r_2$ ). 20 25 30 35

La figure 34 est une vue en coupe illustrant le mode vibratoire de l'élément piézoélectrique vibrant de la figure 30. Dans l'élément piézoélectrique représenté, le radiateur acoustique piézoélectrique 116 est un produit stratifié consti-

tué par la plaque piézoélectrique 119 et la feuille métallique mince 117. Pour cette raison, il se produit une vibration en ondes stationnaires en plus de la vibration de référence, ce qui est dû au fait que ce qu'on appelle la sensibilité Q à la résonance est élevée. Par exemple une pluralité de vibrations d'articulations telles que  $f_1$  à  $f_3$  représentées par la ligne formée de tirets sur la figure 34 apparaissent dans une gamme de basses fréquences et la réponse en fréquence obtenue de la vitesse  $v_1$  de l'extrémité extérieure 127 du radiateur acoustique piézoélectrique 116 est représentée par une courbe en trait plein sur la figure 35, de sorte que des caractéristiques sinusoïdales remarquables avec un maximum et un minimum apparaissent d'une manière prédominante dans une gamme de basses fréquences. Par conséquent on peut ne pas préférer utiliser ce radiateur à des haut-parleurs, étant donné que la réponse en fréquence est perturbée, avec une altération de la qualité sonore. D'autre part il faut ici voir que les vibrations d'ondes stationnaires des articulations mentionnées ont un effet important sur des réductions de l'impédance dynamique du radiateur 116 et sur les accroissements de la sensibilité de conversion de ce dernier. Par conséquent les vibrations des articulations ne devraient pas être supprimées de façon inconditionnelle. Conformément à la présente invention, la vibration d'ondes stationnaires est absorbée en fonction de l'action d'amortissement de la résistance visqueuse  $r_2$  des deux sièges-entretoises 121, comme cela est représenté sur la figure 30. Par conséquent le choix du matériau constituant les sièges-entretoises 121 est difficile. D'une manière appropriée, ce matériau possède une résistance dynamique visqueuse et doit posséder un faible coefficient de température et subir seulement une faible influence de la part de variations de la température extérieure. Cependant il existe seulement un nombre limité de matériaux possédant un coefficient stable de visco-élasticité. Comme résultat d'études expérimentales effectuées par le présent inventeur, il s'est avéré qu'un matériau satisfaisant est une masse sous

forme de mousse d'un matériau synthétique à base de caoutchouc butyle, possédant une épaisseur d'environ 0,8 à 1 mm et de mousse fines insérées dans ce matériau. Un matériau plus satisfaisant est un matériau possédant une peau au niveau de sa surface. Cependant même la masse en forme de mousse en caoutchouc butyle mentionnée ci-dessus présente des caractéristiques visco-élastiques insuffisantes dans les conditions sévères de température.

La figure 36 est une vue en coupe montrant une autre forme de réalisation de l'élément piézoélectrique vibrant conforme à la présente invention. Le radiateur acoustique piézoélectrique représenté 116 possède une structure semblable à celle de la figure 30. Le radiateur 116 comporte, autour de sa partie centrale, une petite ouverture 118, des deux côtés de laquelle se trouvent empilés en couches deux sièges-entretoises en forme de capes 130a et 130b à base de caoutchouc, de manière à définir ainsi deux petites chambres 132a et 132b. Les chambres 132a et 132b peuvent communiquer l'une avec l'autre par l'intermédiaire d'un espace rétréci 134 défini par une tige 131 servant à relier deux poids l'un à l'autre d'un seul tenant, et par la circonference de la petite ouverture 118. Chacune des chambres 132a et 132b est remplie par de l'huile au silicone 133 (possédant une viscosité dynamique égale à environ 1000 cP), qui est une huile visqueuse : c'est pour cette raison que l'huile au silicone 133 peut circuler en alternance entre les chambres supérieure et inférieure 132a et 132b, en passant par l'espace rétréci 134. Dans cette forme de réalisation, on utilise la résistance visqueuse de cette huile lorsqu'elle s'écoule. Il est alors possible d'obtenir à volontier la résistance visqueuse requise dans une gamme plus étendue, en commandant la viscosité de l'huile au silicone 133 et l'espace rétréci 134. En outre, étant donné que l'huile au silicone 133 est une substance stable comme cela est exprimé par sa viscosité dynamique, sa dépendance vis-à-vis de la température est comparable à celle de l'eau pure. Par conséquent cette huile est plus sta-

ble, du point de vue de sa viscosité, que le caoutchouc butyle mentionné précédemment, et résiste à des conditions extérieures sévères de température.

Dans l'élément piézoélectrique vibrant selon la forme 5 de réalisation qui a été mentionnée précédemment, deux poids sont réunis l'un à l'autre par l'intermédiaire de couches visco-électriques associées, au moyen d'une tige de liaison s'étendant à travers une petite ouverture ménagée autour de la partie centrale d'une plaque piézoélectrique vibrante de manière 10 à appliquer une contrainte de retenue à la partie sensiblement centrale de cette plaque. Par conséquent on obtient une vibration stable, même lorsque la température extérieure varie. En outre l'assemblage est suffisamment aisé pour que l'on puisse fabriquer des produits hautement fiables à un coût réduit.

2.9

REVENDICATIONS

1. Haut-parleur piézoélectrique, caractérisé en ce qu'il comporte un élément piézoélectrique vibrant de telle sorte qu'un poids principal (104) est fixé au voisinage de la 5 partie centrale d'un radiateur acoustique piézoélectrique (101-102) par l'intermédiaire d'une couche visco-élastique (103) de telle sorte que ledit radiateur est maintenu autour de sa partie centrale de manière à délivrer une force vibromotrice au niveau de son extrémité extérieure, et qu'un poids 10 auxiliaire (110) est situé à l'intérieur de l'extrémité extérieure dudit radiateur et est fixé en place par l'intermédiaire d'une couche visco-élastique (10.9).

2. Haut-parleur piézoélectrique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un poids de type annulaire (110) constituant ledit poids auxiliaire est fixé d'une manière essentiellement concentrique audit poids principal (104) par l'intermédiaire d'une couche visco-élastique (10.9).

2574609

PL. 1 / 12

FIG. 1

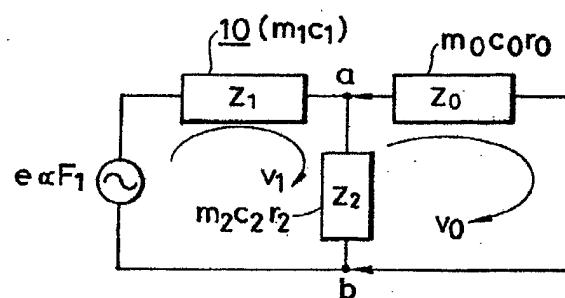


FIG. 2

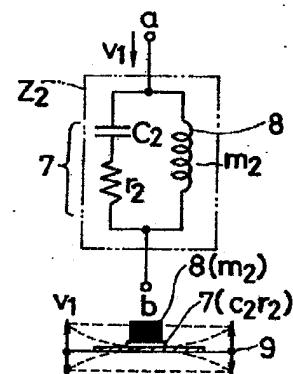
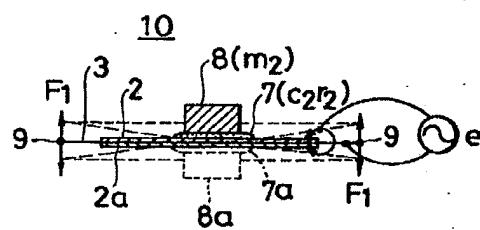


FIG. 3



Pl. 2 / 12

FIG. 4

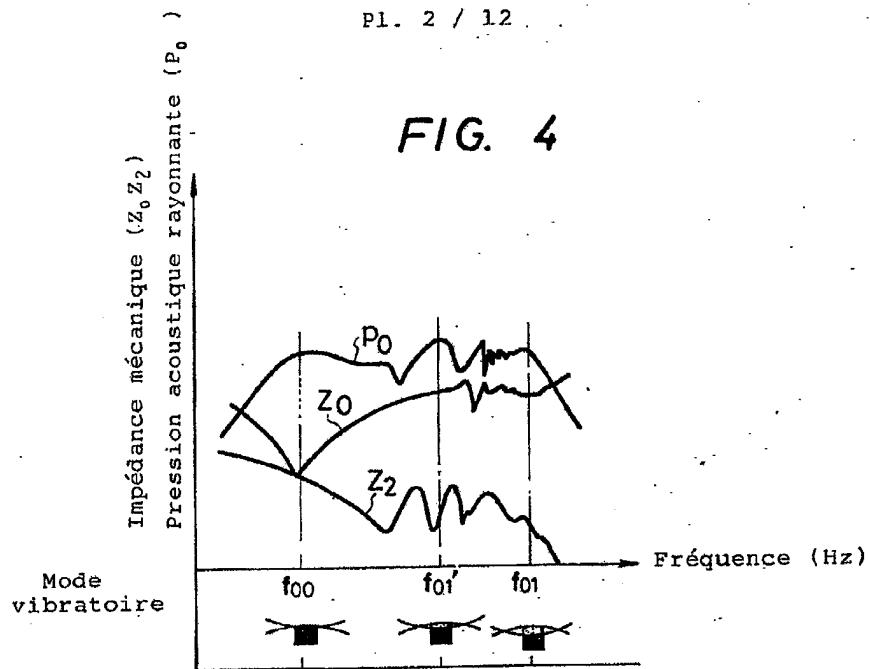
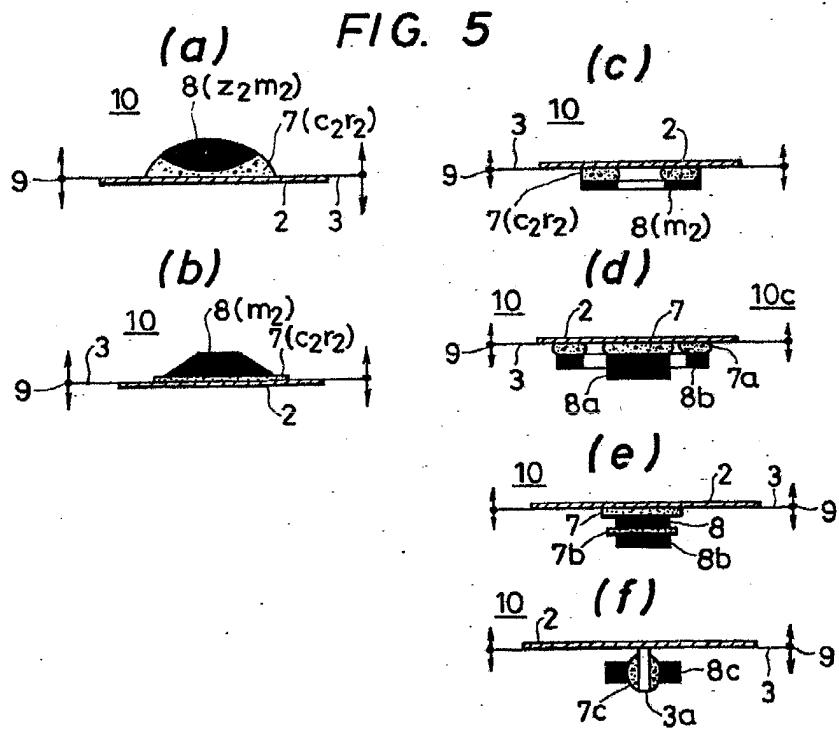


FIG. 5



2574609

Pl. 3 / 12

FIG. 6

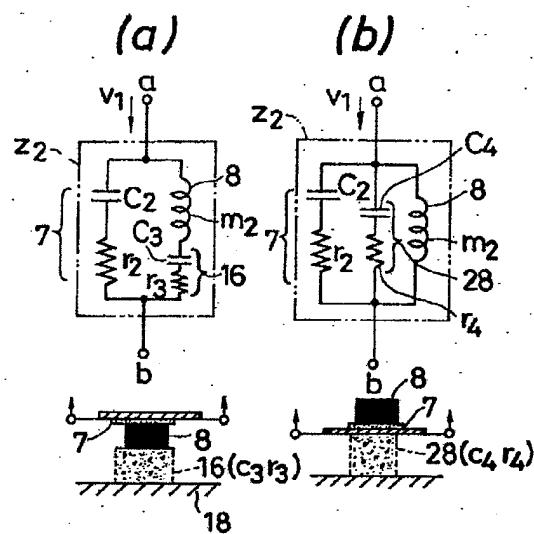
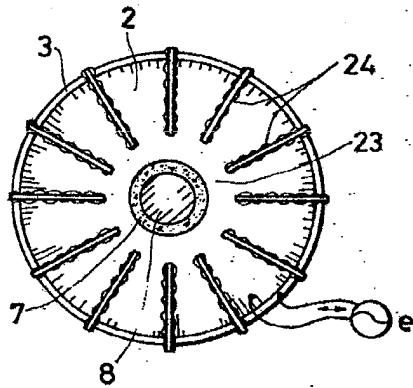


FIG. 7



2574609

Pl. 4 / 12

FIG. 8

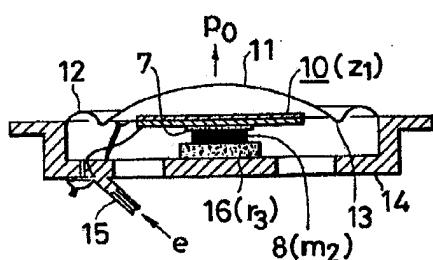


FIG. 9

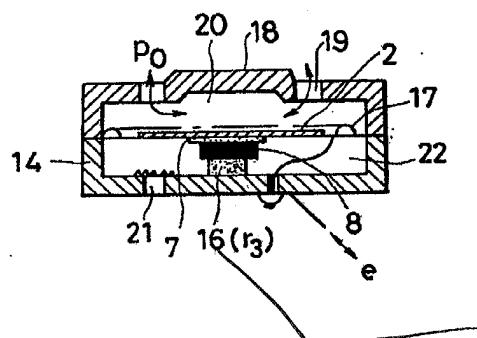


FIG. 10

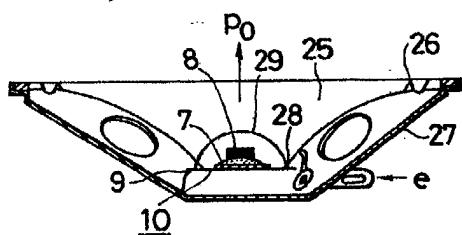


FIG. 11

(a) (b)

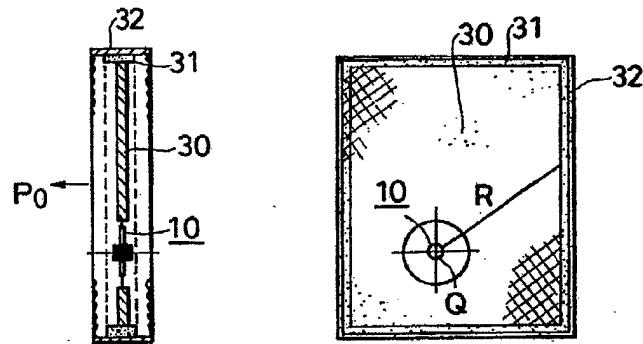


FIG. 12

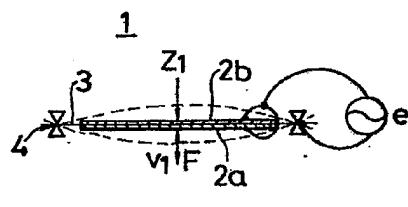


FIG. 13

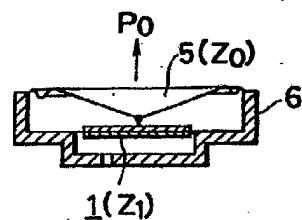
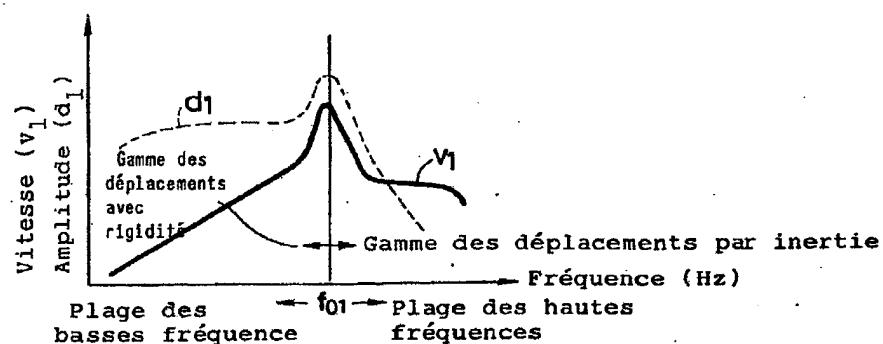


FIG. 14



2574609

P1. 6 / 12

FIG. 15

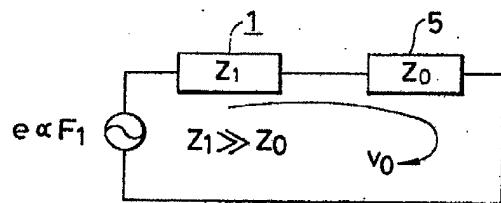


FIG. 16

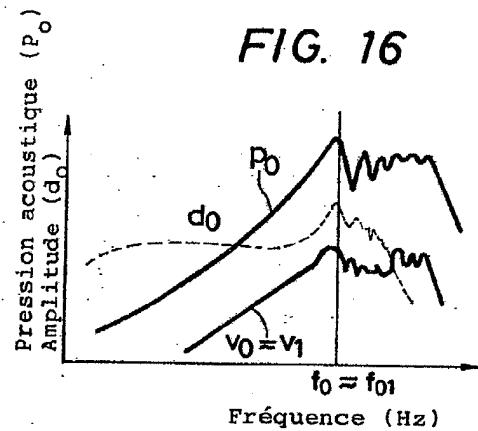


FIG. 17

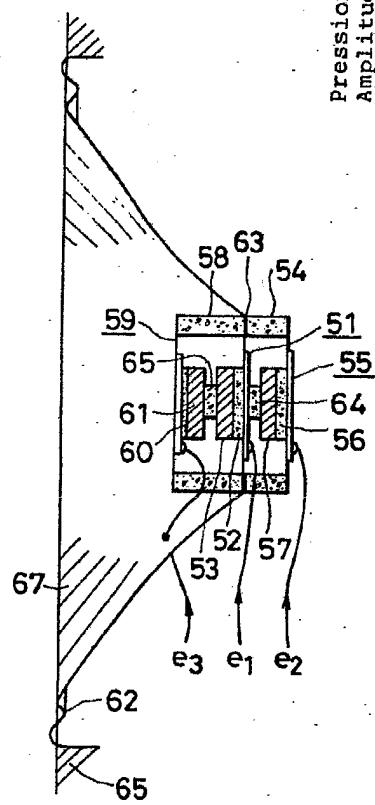


FIG. 18

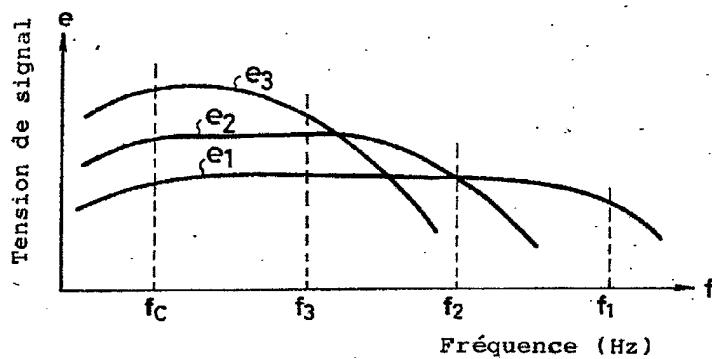


FIG. 19

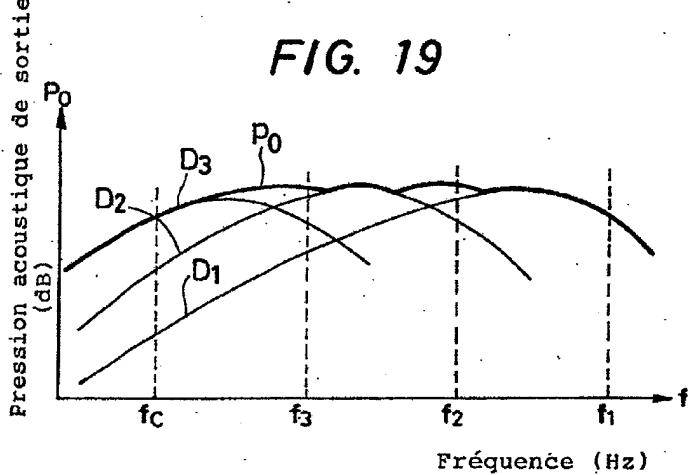
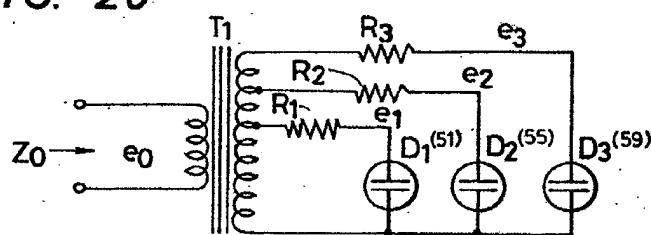


FIG. 20



2574609

Pl. 8 / 12

FIG. 21

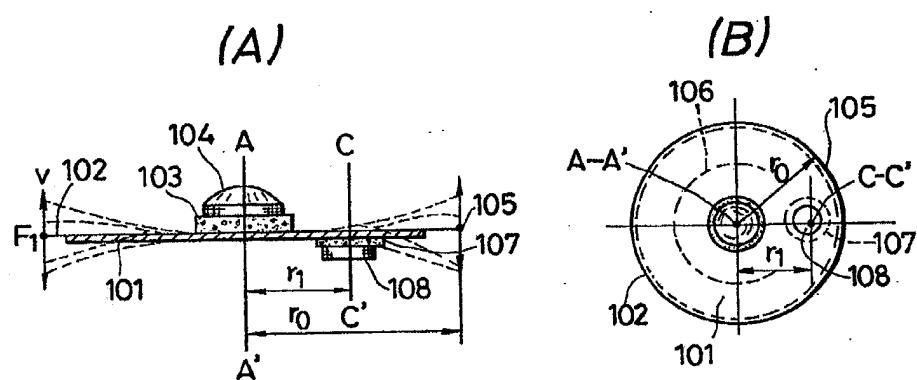
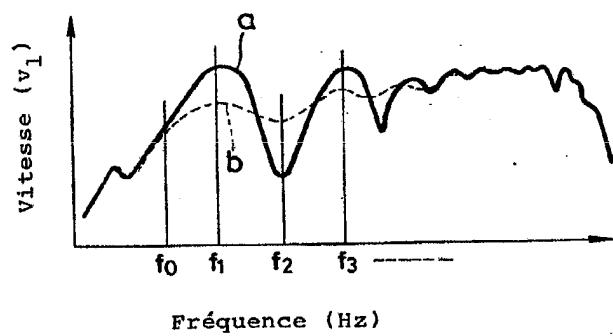


FIG. 22

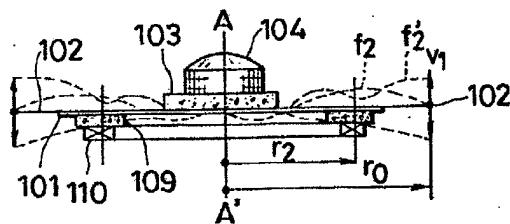


2574609

P1. 9 / 12

FIG. 23

(A)



(B)

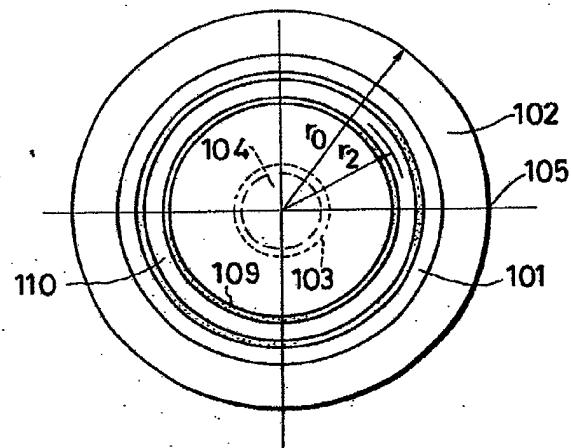
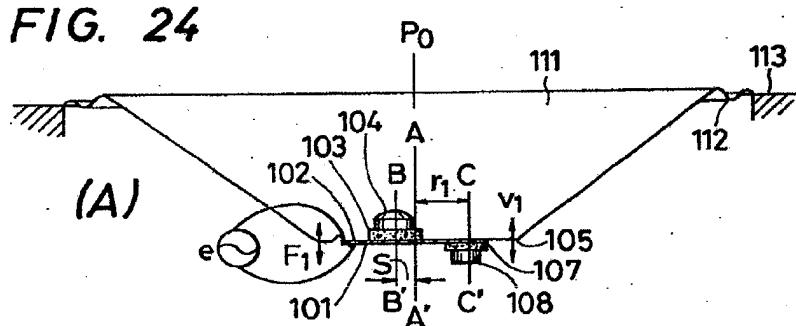
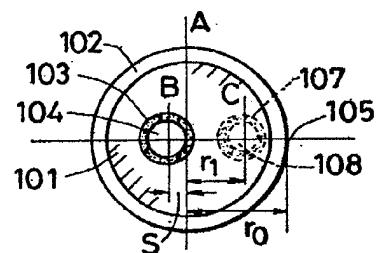


FIG. 24

(A)



(B)



2574609

Pl. 10 / 12

FIG. 25

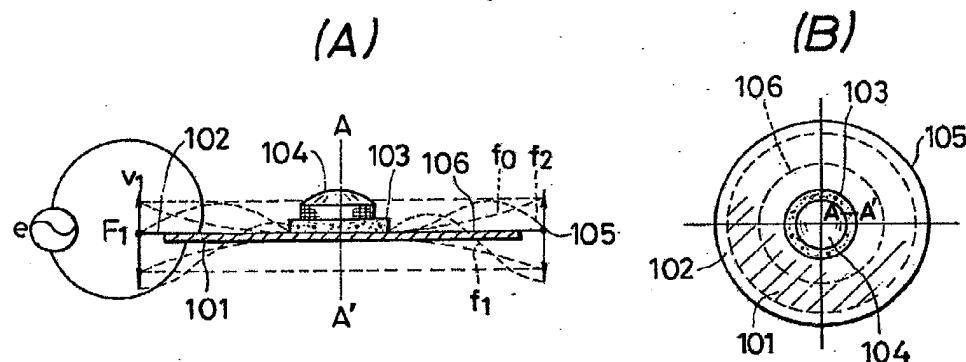


FIG. 26

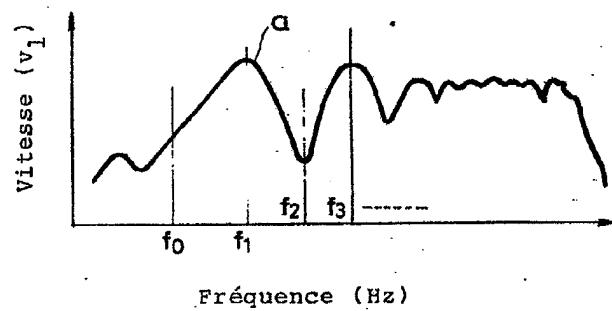


FIG. 27

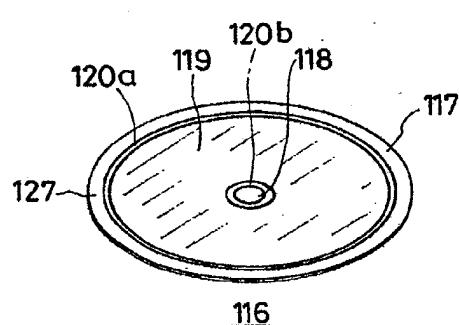
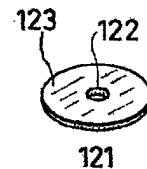


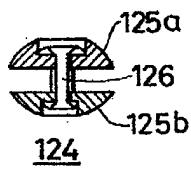
FIG. 28



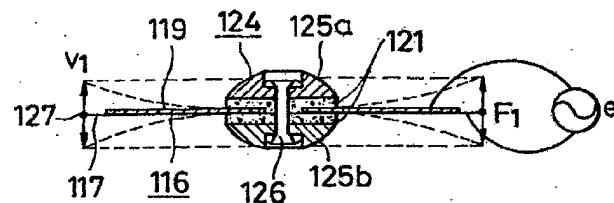
2574609

Pl. 11 / 12

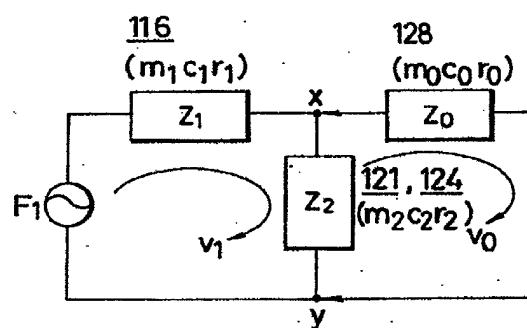
*FIG. 29*



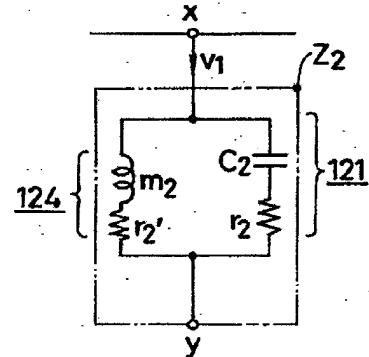
*FIG. 30*



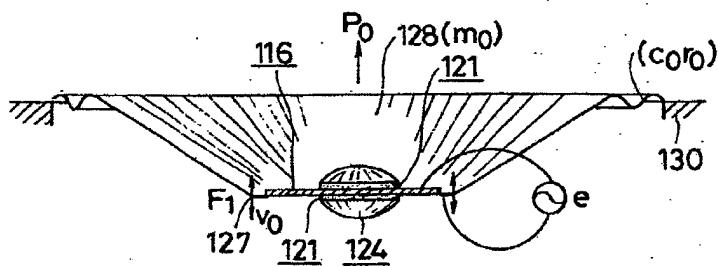
*FIG. 31*



*FIG. 32*



*FIG. 33*



2574609

Pl. 12 / 12

FIG. 34

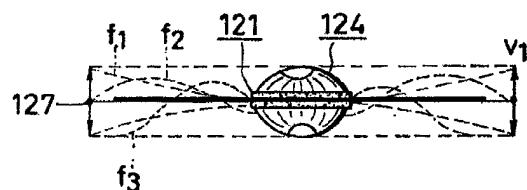


FIG. 35

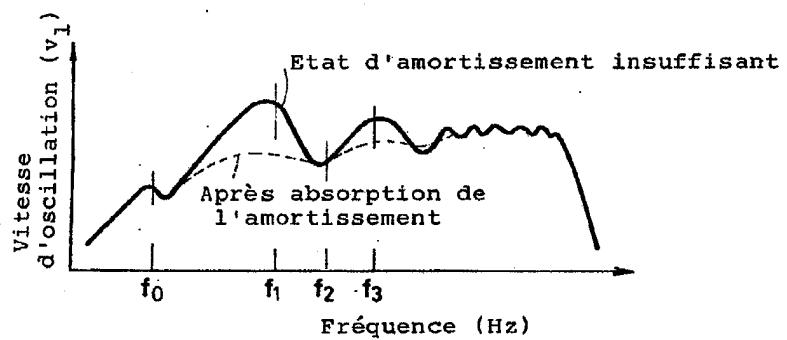


FIG. 36

